

The invention concerns a process and an apparatus for the fabrication of a component, particularly, an optic component, so that said optic component, formed of a substrate (1) and a layered structure (3) comprising at least one dielectric layer having a stage thickness at least at the level of a first zone compared to one or more second zones. According to the process, the dielectric layer of type MeOx, is placed on a base, Me being a metal whose mass is at least 44, and x being chosen such that the absorption coefficient k_λ of the material of the layer is, in presence of a light having a wavelength $\lambda = 308\text{nm}$, $k_{308} \leq 0.01$, and the layer is decomposed, by reactive engraving at the help of an active gas, to form the staging thickness.

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 694 131

(21) N° d' nr gistrement national :

93 08825

(51) Int Cl⁵ : H 01 L 21/306, 21/66, G 03 F 1/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19.07.93.

(30) Priorité : 21.07.92 CH 229292; 02.11.92 US 970080.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 28.01.94 Bulletin 94/04.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT
(société de droit du Liechtenstein) — LI.

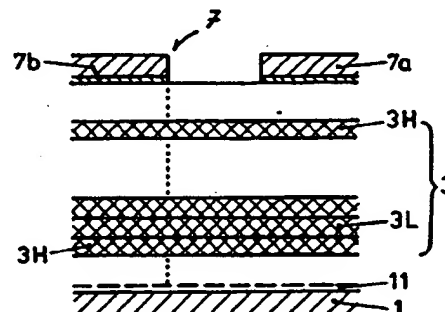
(72) Inventeur(s) : Rudigier Helmut et Edlinger Johannes.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Malemont.

(54) Procédé et installation pour la fabrication d'un composant, notamment d'un composant optique, et composant optique ainsi obtenu.

(57) L'invention concerne un procédé et une installation pour la fabrication d'un composant, notamment d'un composant optique, ainsi que ledit composant optique, formé d'un substrat (1) et d'une structure de couches (3) comprenant au moins une couche diélectrique à épaisseur étagée au moins au niveau d'une première zone par rapport à une ou plusieurs secondes zones. Selon ce procédé, la couche diélectrique du type MeO_x , est posée sur une base, Me étant un métal dont la masse est d'au moins 44, et x étant choisi pour que le coefficient d'absorption k , du matériau de couche soit, en présence d'une lumière d'une longueur d'onde $\lambda = 308 \text{ nm}$, $k_{\text{ps}} \leq 0,01$, et la couche est décomposée, par gravure réactive à l'aide d'un gaz activé, pour former l'étagement d'épaisseur.



FR 2 694 131 - A1



A

Procédé et installation pour la fabrication d'un composant, notamment d'un composant optique, et composant optique ainsi obtenu

5 La présente invention concerne un procédé pour la fabrication d'un composant, notamment d'un composant optique formé d'un substrat et d'une structure de couches comprenant au moins une couche diélectrique à épaisseur étagée au moins au niveau d'une première zone par rapport à une ou plusieurs
10 secondes zones ; un composant optique ainsi formé ; un système de représentation optique comportant une source laser ultraviolet, notamment une source laser exzimer dont le rayon traverse un cache en vue de la modulation du rayon laser ; une installation de traitement sous vide pour la fabrication
15 d'un composant du type cité plus haut et pour l'exécution de l'opération de gravure pour le procédé selon l'invention ; un procédé pour suivre l'enlèvement ou l'application de matériau au niveau d'un composant transmettant la lumière au moins dans une plage spectrale donnée, pendant l'opération
20 d'enlèvement ou d'application ; une installation de traitement sous vide pour l'application ou l'enlèvement de matériau au niveau de la surface d'au moins une pièce qui transmet la lumière dans une plage spectrale prédéfinie, comportant un porte-pièce sur lequel est posée la pièce, avec
25 sa surface non traitée ; un procédé pour constater qu'une surface prédéfinie est atteinte par la gravure réactive d'au moins une couche supérieure ; un procédé pour commander une opération de gravure réactive d'un empilement de couches formé d'au moins une couche à haut pouvoir réfracteur et, au-
30 dessus de celle-ci, d'une couche à faible pouvoir réfracteur, la première étant de préférence une couche de MeO et la seconde une couche de SiO₂ ; un composant optique formé d'une structure de couche structurée par gravure ionique réactive ; et une utilisation d'une couche de Y₂O₃ comme couche d'arrêt
35 dans une opération de gravure réactive.

L'état de la technique de la présente invention comprend :

EP, A, 0 463 319 (IBM),

EP,A,0 265 658 (IBM),
WO,A,9 101 514 (RAYCHEM),
EP,A,0 026 337 (IBM),
EP,A,0 049 799 (DAI NIPPON INSATSU),

5 THIN SOLID FILMS. Bd. 203, Nr.2, 30 août 1991, Lausanne
CH pp. 227 - 250, et
LEHAN ET AL 'optical and microstructural properties of
hafnium dioxide thin films', cf. tableau VI.

Bien que le procédé spécifié en introduction et
10 l'installation de traitement sous vide correspondante
conviennent pour la fabrication d'une large palette de
composants formés d'un substrat et d'au moins une couche
diélectrique qui doit être enlevée sur une épaisseur
prédéfinie à au moins un endroit, le concept de la présente
15 invention provient essentiellement des besoins de la
technologie de fabrication des semi-conducteurs.

La structuration de couches diélectriques et métalliques
constitue en effet une étape essentielle de la technologie
des semi-conducteurs. Pour l'enlèvement de telles couches
20 diélectriques, différentes méthodes sont mises en oeuvre.

Une première méthode, connue sous le nom de "Technique
lift off", consiste à appliquer sur le substrat une laque
photo-sensible et à l'impressionner suivant le dessin
souhaité, à la développer et à la nettoyer. Suivant qu'il
25 s'agit d'une laque positive ou négative, les endroits non
impressionnés ou les endroits impressionnés de la laque
restent. Une structure de couches est appliquée sur le
substrat ainsi traité, puis la laque se trouvant sous les
couches est dissoute à l'aide de solvants. Le système de
30 couches est ainsi enlevé sur les zones du substrat sur
lesquelles il reste de la laque. Il est essentiel que le
système de couches n'enferme pas la laque de façon étanche
par rapport à l'extérieur, en particulier au niveau des
arêtes de ladite zone, afin de ne pas empêcher l'accès du
35 solvant.

Une autre méthode consiste à appliquer tout d'abord sur
le substrat la structure de couches. Puis on applique la

laque photosensible, on l'impressionne suivant le dessin souhaité, et on la développe. Le système de couches est ainsi découvert aux endroits où il doit être enlevé partiellement ou jusque sous le substrat. Cela se fait grâce à un bombardement à l'aide d'ions de gaz rares, en présence de valeurs d'énergie typiques de 1000eV et d'une densité de courant ionique typique d'environ 1mA/cm². Le matériau de couche est ainsi enlevé par gravure ainsi que la laque. Comme le taux de gravure de la laque est généralement supérieur à celui de la structure de couches, il faut généralement appliquer une laque épaisse afin d'empêcher que la laque soit enlevée avant que les endroits non couverts de laque soient eux-mêmes enlevés à la profondeur voulue.

Ce procédé est également appelé "ion milling" et il n'est pas sélectif dans la mesure où les taux de gravure pour des matériaux de couches de même type tels que des oxydes métalliques, par exemple, ne sont pas sensiblement différents. Un avantage de ce procédé réside donc dans le fait qu'il ne s'agit pas d'un procédé spécifique à un matériau.

Un troisième procédé est défini par la gravure réactive. A partir d'une structure de couches comportant un cache par exemple formé par une laque photosensible, comme c'est le cas pour le procédé "ion milling", un gaz est activé sélectivement en fonction du matériau de couche à enlever, des particules réactives se formant à partir de ce gaz, lesquelles particules transforment le matériau de couche découvert à certains endroits par le cache, en produits de réaction volatiles qui sont ensuite évacués par pompage. La structure de couches est ainsi éliminée ou enlevée. Grâce à un choix approprié du gaz activé, appelé dans ce qui suit gaz réactif, on peut obtenir que seul un matériau défini soit gravé sélectivement, ce qui permet d'obtenir une sélectivité élevée. Grâce à cette sélectivité élevée par rapport au matériau de cache, par exemple à la laque photosensible, ce matériau de cache peut être appliqué en couche fine seulement. Les taux de gravure qui sont obtenus avec la

gravure réactive peuvent être supérieurs de plusieurs décades à ceux qui sont obtenus par le procédé "ion milling", ces derniers procédés étant généralement plus avantageux économiquement que le procédé "ion milling".

5 L'activation du gaz réactif peut se faire de différentes manières, soit directement sur la surface à graver, au moyen d'un bombardement de rayons lasers, soit de façon répartie dans l'espace, grâce à l'action d'un rayon laser, d'énergie à micro-ondes ou de faisceaux d'ions ou d'électrons. De plus,
10 l'activation du gaz réactif peut se faire dans une décharge lumineuse, ce qui forme des ions de gaz réactif.

Alors que la gravure réactive par action laser locale peut parfois entraîner une trop grande contrainte thermique de la structure de couches, les procédés avec lesquels on
15 obtient sur la surface de couches à graver une répartition de densité homogène de types de gaz réactif, comme notamment à l'aide d'une décharge lumineuse, présente un autre avantage sensible par rapport au procédé "ion milling" : ils permettent de pouvoir mieux contrôler les profils d'arêtes
20 des zones de surface gravées, en ce sens que des étagements de structure verticaux pratiquement idéaux sont ainsi obtenus.

D'après la demande US-PS 4 684 436, on connaît un moyen d'appliquer sur la surface d'une pièce un motif à l'aide d'un
25 procédé d'ablation au laser, selon lequel l'intensité d'un rayon laser est modulée à l'aide d'un cache comportant une structure de couches localement différente. Le cache comprend une structure de couches diélectrique au niveau de laquelle des zones sont gravées plus ou moins profondément suivant le
30 procédé "ion milling" cité plus haut, afin d'obtenir des valeurs de transmission d'énergie différentes, ou bien un certain nombre de couches prévues est enlevée sélectivement. En ce qui concerne les structures d'empilement de couches d'un cache de ce type, qui peuvent également être réalisées
35 selon le procédé de l'invention, comme on le verra plus loin, le contenu divulgué par ce brevet est intégré à la présente description.

D'après la demande US-PS-4 923 772, on connaît également un moyen d'utiliser comme structure de couches formant caches, pour la mise en oeuvre de lasers exzimer dans des procédés d'ablation au laser, par exemple sur une longueur d'onde lumineuse de 248 nm, étant précisé que des densités d'énergie $> 100\text{mJ/cm}^2$ sont nécessaires pour le procédé d'ablation, des couches diélectriques à fort pouvoir réfléchissant qui sont résistantes face à des flux énergétiques de rayons élevés (seuil de destruction laser).

Le masque est formé par un empilement de plusieurs couches comprenant alternativement des couches de matériaux à haut pouvoir réfracteur et à faible pouvoir réfracteur. Les matériaux à haut pouvoir réfracteur proposés sont l'oxyde d'hafnium, l'oxyde de scandium, l'oxyde d'aluminium ou le fluorure de thallium. L'enlèvement de surface au niveau de l'empilement de couches formant masques peut être réalisé à l'aide d'un procédé "ion milling", par une gravure par décharge lumineuse ou par une corrosion ionique réactive, étant précisé toutefois que la décharge lumineuse (plasma) ou la corrosion ionique réactive sont plus lentes et plus difficiles avec des couches diélectriques, en raison du fait que le matériau à haut pouvoir réfracteur a tendance à ne pas être réactif. C'est pourquoi, selon ce brevet, les couches à haut pouvoir réfracteur proposées sont structurées à l'aide du procédé "ion milling" ou à l'aide de la technique "lift off".

La présente invention s'est fixé pour but de créer un procédé du type spécifié en introduction, qui soit peu coûteux, un taux d'enlèvement élevé et une sélectivité élevée étant obtenus par rapport à un matériau servant de cache comme par exemple la laque photosensible et/ou le chrome, ce qui permet d'utiliser des couches de laque mince, d'une manière caractéristique de 500 nm, même pour des épaisseurs élevées à enlever de la couche diélectrique. La contrainte thermique du matériau servant de cache, en particulier de la laque photosensible et/ou du chrome, doit rester faible. L'invention doit par ailleurs permettre un bon contrôle du

profil d'étagement, c'est-à-dire qu'on doit pouvoir obtenir des parois d'étagement sensiblement verticales.

Ce but est atteint, selon l'invention, grâce au fait en ce que la couche diélectrique du type MeO_x est posée sur une base, Me étant un métal dont la masse est d'au moins 44, et x étant choisi pour que le coefficient d'absorption k_λ du matériau de couche soit, en présence d'une lumière d'une longueur d'onde $\lambda = 308 \text{ nm}$,

$$k_{308} \leq 0,01$$

et en ce que la couche est décomposée, par gravure réactive à l'aide d'un gaz activé, pour former l'étagement d'épaisseur.

Contrairement au mode de réalisation de la demande US-A-4 923 772, on a constaté que les couches diélectriques exploitées selon l'invention convenaient parfaitement à une gravure réactive, et qu'il s'agissait de matériaux qui ont un haut pouvoir réfracteur même dans la plage ultraviolette. Grâce au fait, que selon l'invention, de telles couches diélectriques peuvent être soumises à la gravure réactive, on obtient pour ces matériaux un procédé de profilage présentant une sélectivité et un taux d'enlèvement élevés, ce qui permet d'obtenir les avantages, mentionnés plus haut, de la gravure réactive, notamment dans le cas de la corrosion ionique réactive, à savoir un bon contrôle de la formation d'angles d'étagement.

D'après la demande US-PS-4 440 841, on connaît, il est vrai, un moyen de soumettre Ta_2O_3 à la gravure réactive, c'est-à-dire $\text{TaO}_{1,5}$, mais malgré le choix du tantale comme Me, le choix de x ne permet pas d'obtenir la faible absorption nécessaire pour pouvoir être appliquée avec une lumière ultraviolette dans la plage de longueurs d'ondes $\lambda \leq 308 \text{ nm}$, à savoir $k_{308} \leq 0,01$, voire, selon la revendication 2, $k_{308} \leq 0,003$. Il faut souligner ici le fait que bien que les couches MeO qui sont gravées selon l'invention soient spécifiées par leur comportement dans la plage ultraviolette, cela ne signifie pas qu'elles doivent uniquement être utilisables dans cette zone ultraviolette ; par exemple, les couches ou

empilements de couches décrits et revendiqués en raison de leur résistance chimique, doivent aussi être mises en oeuvre dans d'autres plages spectrales, notamment dans la plage visible.

5 Un procédé de gravure réactif pour des structures de couches diélectriques $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ est également décrit dans "Fabrication of mosaic color filters by dry-etching dielectric stacks". La masse de Ti est inférieure à celle des métaux contenus dans les diélectriques selon la présente invention, et par ailleurs, TiO_2 ne peut pas être mis en
10 oeuvre pour des applications à ultraviolets dans la plage spectrale mentionnée plus haut, ni pour $\lambda \leq 350 \text{ nm}$.

Selon un mode d'exécution préféré du procédé conforme à l'invention, la couche se compose de Ta_2O_5 , ou encore de HfO_2 .
15 Pour de nombreuses applications, également connues, par exemple pour la fabrication de caches du type représenté dans la demande US-PS-4 684 436, on applique une structure de couches composée d'au moins deux des couches diélectriques en matériaux à haut pouvoir réfracteur dans la plage
20 ultraviolette en présence de longueurs d'ondes $\lambda \leq 351 \text{ nm}$, et en particulier $\lambda \leq 308 \text{ nm}$, avec des couches de matériaux à faible pouvoir réfracteur dans cette plage spectrale, telle que des couches SiO_2 .

D'une manière préférée, on utilise également, comme gaz
25 d'activation, une part gaz-chlore, de préférence au moins CHClF_2 , qui contient de préférence, dans certains cas, He et/ou CHF_3 et/ou H_2 .

Le matériau peut encore être gravé à l'aide d'une combinaison de Cl_2 contenant au moins l'un des gaz suivants :
30 H_2 , F_2 , CF_4 , SF_6 .

Si l'une au moins des couches de matériau à haut pouvoir réfracteur, c'est-à-dire la couche MeO_x , est au moins partiellement recouverte, avant sa décomposition, par une couche de matériau à faible pouvoir réfracteur, notamment
35 SiO_2 , on obtient la possibilité extrêmement avantageuse d'utiliser ladite couche à haut pouvoir réfracteur en même temps comme couche d'arrêt de gravure, la couche de matériau

à faible pouvoir réfracteur étant soumise à une gravure réactive à l'aide d'un autre gaz, pratiquement sans part de chlore, de sorte que la couche de MeO_x n'est pas gravée ou seulement dans une proportion infiniment petite.

5 Il est possible également de prévoir d'autres couches et de graver celles-ci à l'aide d'un gaz, de préférence pratiquement sans proportion de Cl_2 , de telle sorte que l'une au moins des couches MeO_x agisse pour cette opération de gravure comme couche d'arrêt de gravure.

10 L'invention prévoit que l'un au moins des gaz à activer soit injecté de façon homogène sur la zone de surface soumise à l'enlèvement, de préférence sensiblement perpendiculairement à cette surface, et que la densité du gaz réactif soit sensiblement homogène à cet endroit.

15 L'activation du gaz réactif peut se faire d'une manière générale à l'aide de particules chargées telles que des électrons et/ou des ions, par exemple à partir d'une source Kaufman, et/ou avec l'aide de photons ou de lasers. Mais l'activation du gaz peut aussi être réalisée dans une
20 décharge lumineuse, dans une chambre à vide. Cette décharge lumineuse est de préférence maintenue entre une électrode formant support de composant et une contre-électrode, le gaz à activer étant de préférence injecté vers le composant à traiter sensiblement dans le sens de la décharge.

25 La présente invention prévoit qu'un orifice d'admission de gaz prévu pour l'un au moins des gaz à activer, soit refroidi, de préférence refroidi par eau. Cela est obtenu non seulement grâce au refroidissement de la surface de support pour le composant fabriqué, mais aussi grâce au fait qu'un
30 matériau formant cache, par exemple de la laque, n'est pas réchauffé de façon inacceptable, ce qui permet ultérieurement une meilleure séparation entre la couche formant cache et les zones de surface de la couche diélectrique non soumises à l'enlèvement.

35 Pour arrêter l'opération de gravure au bon moment, soit lorsque la structure de couches comportant l'une au moins des couches diélectriques est enlevée jusqu'au substrat, soit

lorsque l'enlèvement de matière se fait, sur une structure à plusieurs couches, jusqu'à une épaisseur de structure restante prédéfinie, il est possible de mettre en oeuvre tous les procédés connus, et notamment de prévoir une ou plusieurs
5 couches d'arrêt de gravure directement sur le substrat ou entre les couches de ladite structure, composées par exemple de Al_2O_3 ou, comme il a été constaté selon l'invention, notamment une couche de Y_2O_3 qui est sensiblement moins attaquée qu'une couche de Al_2O_3 .

10 On a constaté à ce propos qu'en utilisant une surface d'un matériau pourvu d'un doping comportant des ions alcalino-terreux, on obtenait un rayonnement orangé marquant, lorsque cette surface était atteinte par la corrosion ionique réactive à l'aide de la décharge lumineuse, ce qui peut être
15 exploité extrêmement simplement comme critère de déconnexion pour le procédé de gravure. On peut utiliser comme substrat un verre contenant des ions alcalino-terreux, et une variation du rayonnement lumineux émis est de préférence détectée lorsque le procédé de gravure réactive à l'aide
20 d'une décharge lumineuse atteint la surface en verre. Un verre ainsi mis en oeuvre présente par ailleurs, par rapport au matériau de couche, un taux d'enlèvement nettement inférieur, et agit donc automatiquement comme couche d'arrêt de gravure. On empêche ainsi une gravure trop profonde dans
25 le substrat en verre.

On peut aussi utiliser, pour contrôler la progression du procédé de gravure, les procédés de réflexion connus, et il est fait référence pour cela au mode d'exécution de la demande US-PS-4 923 772 qui fait partie intégrante de la
30 présente description à ce sujet.

L'invention propose également de diriger au moins un rayon lumineux, à partir de la face du composant non exposée à l'enlèvement, à travers le substrat vers la couche, et de déduire de variations du rayon réfléchi l'épaisseur de couche
35 restante. L'avantage de cela est que l'injection homogène de gaz n'est pas entravée, côté traitement du composant, pour la pénétration du rayon lumineux et la sortie du rayon réfléchi,

et que des ouvertures d'entrée et de sortie de la lumière, comprenant éventuellement des conducteurs de lumière, ne sont pas exposées au procédé d'enlèvement, dans la mesure où elles restent protégées par le composant lui-même.

5 Le but de l'invention est également atteint grâce à un composant optique du type spécifié en introduction, qui se caractérise en ce que la couche qui le définit se compose d'un matériau du type MeO_x , Me étant un métal d'une masse d'au moins 44 et x étant choisi pour que le matériau de
10 couches présente, pour une lumière de la longueur d'onde $\lambda = 308 \text{ nm}$, un coefficient d'absorption k_λ , $k_{308} \leq 0,01$, et l'étagement d'épaisseurs est obtenu grâce à un procédé de gravure ionique active. Ce coefficient peut aussi être $k_{308} \leq 0,03$.

15 Le composant optique revendiqué par la présente invention est fabriqué selon le procédé décrit précédemment. Sur au moins une couche de ce composant, on a : Me = Ta, x = 2,5. On peut avoir : Me = Hf, x = 2. D'une manière préférée, l'épaisseur de couche prévue sur le composant, dans au moins
20 une zone d'épaisseur réduite, ne disparaît pas. D'une manière préférée, l'une au moins des couches du composant fait partie d'un empilement de couches appliqué sur le substrat, étant précisé qu'il est prévu, en plus de la couche mentionnée, au moins une couche de matériau à plus faible pouvoir
25 réfracteur, constituée essentiellement de SiO_2 ou Al_2O_3 .

 Etant donné que l'une au moins des couches du composant n'absorbe pratiquement aucune énergie lumineuse dans la plage d'ultraviolets $\lambda \leq 308 \text{ nm}$, ce composant est tout à fait approprié pour une utilisation avec des lasers ultraviolets.
30 De plus, le procédé de gravure ionique réactive permet d'obtenir l'étagement d'épaisseurs idéal, perpendiculaire aux surfaces de couches correspondantes.

 L'invention concerne par ailleurs un système de représentation optique comportant une source laser
35 ultraviolette dont le rayon traverse un cache, en vue de la modulation du rayon laser ; ce système de représentation optique se caractérise en ce que le cache est constitué par

un composant optique présentant une structure décrite précédemment. D'après une autre caractéristique, la source laser émet une densité d'énergie de rayon supérieure à 100mJ/cm², de préférence supérieure à 200mJ/cm², voire
5 supérieure à 300mJ/cm². Cela est possible grâce au matériau de couche MeO_x mis en oeuvre, étant précisé qu'en raison de l'étagement d'épaisseurs précis obtenu grâce à la gravure ionique réactive utilisée selon l'invention, le système de représentation optique module localement l'énergie du rayon
10 laser d'une manière extrêmement précise.

L'installation de traitement sous vide proposée par l'invention, pour fabriquer le composant cité plus haut et pour réaliser la gravure selon le procédé décrit plus haut, se caractérise en ce qu'elle comprend un récipient sous vide
15 contenant une électrode formant support de substrat, une contre-électrode, un générateur de tension alternative au niveau de l'électrode formant support de substrat et de la contre-électrode, étant précisé que la contre-électrode comporte un agencement d'orifices d'évacuation de gaz
20 répartis sensiblement en sens inverse par rapport à l'électrode formant porte-pièce et prévus pour un gaz réactif. Dans un mode de réalisation préféré de cette installation, les orifices prévus au niveau de la contre-électrode sont répartis régulièrement de manière plane. La
25 contre-électrode est refroidie, de préférence refroidie par eau. D'une manière préférée, il est prévu au moins un dispositif pour faire passer un rayon lumineux, à angle droit, à travers l'électrode formant porte-pièce, et qui débouche au niveau de la surface de support de ladite
30 électrode prévue pour une pièce, et il est également prévu, au niveau de ladite surface de support, un autre dispositif pour faire passer un rayon lumineux, étant précisé que l'un de ces dispositifs est relié à une source lumineuse, tandis que l'autre est relié à une unité d'évaluation destinée à
35 évaluer le rayon lumineux reçu par ce dernier dispositif. Selon l'invention, l'un des dispositifs est constitué par des conducteurs de lumière. Les deux dispositifs peuvent être

définis par une même canal conducteur de lumière qui est sensiblement perpendiculaire à la surface de porte-pièce de l'électrode formant support. L'invention prévoit que l'agencement d'orifices d'évacuation répartis soit relié de préférence, par l'intermédiaire d'organes régulateurs de débit, à un réservoir de CHClF_2 , et éventuellement, également, à un réservoir He et/ou CHF_3 et/ou H_2 . L'agencement d'orifices d'évacuation répartis peut également être relié d'une part à un réservoir de gaz contenant du Cl_2 , et d'autre part à un réservoir d'un autre gaz, et la liaison avec ces réserves est réglable.

L'invention propose de prévoir un dispositif de détecteur qui émet des signaux différents pour des surfaces différentes exposées au procédé de gravure, et une unité d'évaluation prévue pour les signaux commande l'ouverture des réservoirs. La sortie de l'unité d'évaluation commande la composition du gaz amené vers les orifices d'évacuation de gaz. La sortie de l'unité d'évaluation agit sur le générateur de tension alternative et/ou sur les organes de réglage prévus pour l'alimentation en gaz vers les orifices d'évacuation.

Le procédé pour suivre l'enlèvement ou l'application de matériau au niveau d'un composant émettant au moins dans une plage spectrale donnée, pendant le procédé d'enlèvement ou d'application, se caractérise en ce que, à partir du côté du composant non traité, on amène sur et à travers le composant au moins un rayon lumineux dans ladite plage spectrale, et que l'on déduit, à partir de variations d'un rayon lumineux réfléchi, l'épaisseur du moment du composant.

L'invention prévoit une installation de traitement sous vide correspondante, pour l'application ou l'enlèvement de matériau au niveau de la surface d'une ou plusieurs pièces émettant dans une plage spectrale prédéfinie, comportant un porte-pièce sur lequel repose la pièce, avec sa surface qui n'est pas à traiter. Cette installation se caractérise en ce qu'il est prévu au moins un dispositif de canal lumineux qui traverse le support et débouche au niveau de la surface de celui-ci, et qui est relié à une source lumineuse, de

préférence une source laser. Cette installation se caractérise également en ce qu'il est prévu, au niveau du support de composant, un autre dispositif pour faire passer un rayon lumineux, qui est relié à une unité d'évaluation
5 destinée à évaluer le rayon lumineux reçu par ce dispositif, étant précisé que les deux dispositifs conducteurs de lumière sont définis par un même canal conducteur de lumière qui traverse le support sensiblement perpendiculairement à la surface de celui-ci. L'application ou l'enlèvement de
10 matériau est donc suivi grâce à une mesure de réflexion qui est réalisée sur la face du composant opposée à l'opération d'application ou d'enlèvement.

L'invention prévoit par ailleurs un procédé pour constater qu'une surface prédéfinie est atteinte par la
15 gravure réactive. Ce procédé se caractérise en ce que la surface est dopée à l'aide d'ions alcalino-terreux, et on constate qu'elle est atteinte par le procédé de gravure grâce à l'apparition dans l'espace de traitement de lumière d'une plage spectrale définie.

20 D'une manière préférée, la surface est définie par un substrat en verre contenant des ions alcalino-terreux. Il est ainsi possible de calculer rapidement, grâce à la détection d'émission lumineuse mentionnée, le moment où le procédé de gravure atteint localement le substrat. D'une manière
25 préférée, l'invention exploite le fait que des couches à haut pouvoir réfracteur telles que les couches MeO_x mentionnées sont soumises à une gravure réactive à l'aide d'un premier gaz, notamment d'un gaz contenant du chlore. Les couches à faible pouvoir réfracteur, en revanche, sont gravées à l'aide
30 d'autres gaz tels que des gaz contenant du fluor, avec lesquels les couches à fort pouvoir réfracteur ne sont gravées que dans une faible mesure. Cela permet de graver une couche à faible pouvoir réfracteur à l'aide du premier gaz mentionné, et ce jusqu'à ce que la couche à fort pouvoir
35 réfracteur soit atteinte, et finalement, jusqu'à l'enlèvement homogène complet de la couche à faible pouvoir réfracteur dans la zone voulue, car, comme cela commence à s'imposer à

l'heure actuelle, pour un premier gaz utilisé, de préférence sensiblement sans chlore, la couche à haut pouvoir réfracteur agit comme couche d'arrêt de gravure. Mais ce qui est étonnant, et cela doit être souligné, c'est que les couches
5 à haut pouvoir réfracteur, même si elles contiennent certains gaz fluorés, notamment CHF_3 , peuvent être gravées selon des taux de gravure tout à fait raisonnables. On peut alors poursuivre la gravure de la couche à haut pouvoir réfracteur, éventuellement en amenant un autre gaz, de préférence
10 contenant du chlore. L'exploitation de la sélectivité citée permet un enlèvement complet, sur une grande surface, de la couche à faible pouvoir réfracteur prévue sur la couche à haut pouvoir réfracteur.

L'invention prévoit encore un composant optique composé
15 d'une structure de couches formée par gravure ionique réactive, comportant au moins une couche qui est dopée à l'aide d'ions alcalino-terreux. Il est ainsi possible, lors de la fabrication de ce composant, de détecter à l'aide de l'émission de décharge lumineuse, le moment où ladite couche
20 a été atteinte par le procédé de gravure. D'une manière préférée, cette couche est définie par un substrat en verre contenant des ions alcalino-terreux.

Le procédé de l'invention se caractérise en outre en ce que $\text{Me} = \text{Y}$ et $x = 1,5$, et en ce que la couche est donc
25 définie par Y_2O_3 .

Pour le composant optique, on a, pour au moins une couche, $\text{Me} = \text{Y}$, $x = 1,5$.

L'invention concerne également l'utilisation d'une couche de Y_2O_3 comme couche d'arrêt dans un procédé de gravure
30 réactive. Cette utilisation est prévue pour un procédé de gravure réactive avec CHClF_2 et de préférence He.

Les procédés de l'invention se caractérisent en ce que l'on utilise, pour la gravure de la couche MeO_x , un gaz fluoré, de préférence CHF_3 .

La présente invention va maintenant être décrite en référence aux figures, dans lesquelles :

la figure 1 représente schématiquement une structure de

couches, à traiter selon l'invention, comportant un cache de gravure et une couche d'arrêt de gravure au niveau du substrat,

5 la figure 2 montre une structure de couches analogue à celle de la figure 1, comportant une couche d'arrêt de gravure encastrée destinée par exemple à la gravure de la structure de couches de façon étagée sur des profondeurs différentes,

10 la figure 3 montre schématiquement un composant optique conforme à l'invention, gravé sur des profondeurs étagées, comportant encore des parties de cache de gravure qu'il reste à enlever,

la figure 4 représente schématiquement un système de représentation optique conforme à l'invention,

15 la figure 5 représente schématiquement une structure de couches réalisée selon l'invention, pour laquelle l'une des couches Me-O_x est utilisée elle-même comme couche d'arrêt de gravure,

20 la figure 6 représente schématiquement une installation de traitement sous vide conforme à l'invention,

la figure 7a représente schématiquement un système de détection de profondeur de gravure et d'épaisseur de couches en soi conforme à l'invention, mis en oeuvre de préférence au niveau de l'installation de la figure 6, et

25 la figure 7b montre le système de la figure 7a, avec lequel les faisceaux lumineux émis et réfléchis sont guidés dans l'électrode du porte-pièce par le même canal conducteur de lumière.

30 La figure 1 montre une structure de couches 3 sur un substrat 1. La structure de couches 3 comprend au moins une couche diélectrique à haut pouvoir réfracteur 3H, mais elle est conçue dans la plupart des cas d'application comme un empilement de couches comportant également au moins une couche à faible pouvoir réfracteur 3L. La configuration
35 minimale se compose du substrat 1 et d'une couche à haut pouvoir réfracteur 3H.

Selon l'invention, la couche à haut pouvoir réfracteur

3H se compose d'une combinaison diélectrique MeO_x , étant précisé que

- Me est un métal d'une masse d'au moins 44, et que

5 - x est choisi pour que le coefficient d'absorption du matériau de couche, en présence d'une lumière de $\lambda = 308 \text{ nm}$, soit

$$k_{308} \leq 0,01,$$

de préférence

$$k_{308} \leq 0,003.$$

10 La couche 3H est ainsi utilisable même pour une lumière ultraviolette, le faible coefficient d'absorption garantissant que même avec des longueurs d'ondes ultraviolettes $\leq 308 \text{ nm}$, des capacités élevées puissent être transmises sans que le seuil de destruction du matériau
15 diélectrique soit atteint.

Comme couche à faible pouvoir réfracteur 3L, on utilise de préférence une couche SiO_2 .

7 désigne un cache de gravure formé d'une manière connue, qui est appliqué sur la couche supérieure 3H ou 3L, qui peut
20 comprendre par exemple une laque photo-sensible 7a et/ou une couche métallique 7b composée de Cr, Al ou encore de Fe_2O_3 . Le cache 7 a été formé de la manière connue grâce au développement de la laque photosensible et à la gravure de la couche métallique ou de la couche similaire.

25 11 désigne à l'aide d'un trait discontinu une couche d'arrêt de gravure formée notamment de Y_2O_3 , qui doit empêcher, lors de la gravure des zones découvertes, décrite plus loin, que le substrat 1 soit gravé, et ce grâce à l'action sélective de la gravure réactive, avec laquelle, sur
30 la structure de la figure 1, seuls les matériaux de couches formant la structure 3 sont gravés. Une couche d'arrêt de gravure analogue à la couche 11 peut être appliquée sur la structure de couches, partout où l'opération de gravure doit être arrêtée ou interrompue.

35 D'une manière préférée, on utilise comme matériau de couche à haut pouvoir réfracteur, pour les couches 3H, Ta_2O_5 ou HfO_2 . Ces matériaux de couches conviennent tout à fait

pour l'utilisation mentionnée dans la zone de lumière ultra-violette, mais il est bien évident qu'ils peuvent aussi être utilisés avec une lumière de longueur d'onde supérieure.

Si l'empilement de couches diélectriques 3 ne doit pas
5 être enlevé par le procédé de gravure réactif, on insère, comme le montre la figure 2, entre une partie supérieure 3o et une partie inférieure 3u de la structure de couches, une couche d'arrêt de gravure 11 formée notamment de Y_2O_3 . En conséquence, lorsque l'empilement de couches diélectriques
10 doit faire l'objet d'un enlèvement sur des niveaux différents, on place plusieurs couches d'arrêt de gravure 11 et, d'une manière connue, lorsque la première couche d'arrêt de gravure est atteinte, on forme, soit grâce à une gravure correspondante, soit à l'aide d'une technique humide, au
15 niveau de la couche d'arrêt de gravure de la couche de masque appliquée en dernier, des zones découvertes grâce à l'application d'un nouveau cache de gravure tel que de la laque photo-sensible et grâce à son développement, après quoi l'empilement de couches diélectriques 3 se trouvant dessous
20 fait l'objet d'une gravure jusqu'à ce qu'une autre couche d'arrêt de gravure soit éventuellement atteinte.

La couche métallique 7b indiquée sur les figures 1 et 2 peut éventuellement être supprimée, et le cache peut être formé simplement au moyen de la couche de laque photosensible
25 7a. De plus, même après le développement de la couche de laque 7a et après l'enlèvement de la couche métallique 7b formée par exemple de Cr, la couche de laque restante peut être enlevée et il est possible de n'utiliser comme cache de gravure que la couche métallique restante.

30 La figure 3 représente à titre d'exemple un composant optique conforme à l'invention au niveau duquel la structure de couches diélectriques 3 a fait l'objet d'un enlèvement local sur deux niveaux, la laque photosensible 7₁ à 7₃ et les couches d'arrêt de gravure 11₁ et 11₂ devant être enlevées en
35 dernier. Un composant optique conforme à l'invention comprend, dans sa structure minimale, un support 1 et une couche 3H selon la figure 1, et d'autres couches peuvent être

ajoutées à volonté et d'une manière connue.

Grâce à la faible absorption du matériau à haut pouvoir réfracteur utilisé selon l'invention, formé notamment de TaO_5 ou HfO_2 , on peut réaliser des composants optiques à arêtes de structuration très précises qui conviennent très bien pour une utilisation avec des lasers exzimer ultra-violet, des lasers exzimer à haute énergie, comme c'est le cas par exemple pour la technique d'ablation au laser dans le cas de l'usinage de matériau, notamment dans la production de semi-conducteurs. On peut utiliser des puissances volumiques supérieures à 100mJ/cm^2 , de préférence supérieures à 200mJ/cm^2 , voire supérieures à 300mJ/cm^2 .

Un système de représentation optique conforme à l'invention est représenté schématiquement sur la figure 4. Il comprend un laser 15 dans la marche du rayon duquel un composant optique 17 conforme à l'invention est mis en oeuvre comme cache, de telle sorte qu'une pièce 19 à structurer par ablation au laser soit structurée, comme il est représenté schématiquement, grâce à la transmission d'énergie laser localement différente en fonction du cache.

La figure 5 représente une structure de couches comportant un cache de gravure 7, et, au-dessous de celui-ci, une couche 3L de matériau à faible pouvoir réfracteur, ainsi qu'une autre couche 3H de matériau à haut pouvoir réfracteur. Cette dernière se compose du matériau spécifié MeO_x . La couche de matériau à faible pouvoir réfracteur se compose quant à elle de préférence de SiO_2 . Le profil de gravure (a) représenté schématiquement montre la gravure effectuée sur la couche 3L en fonction du cache 7. Cette gravure réactive se fait à l'aide d'un gaz réactif G qui, selon la tendance actuelle, ne contient de préférence pratiquement pas de chlore, mais, d'une manière préférence, du fluor. La couche 3H ne peut pas être soumise à la gravure à l'aide d'un gaz réactif, ou seulement de façon insignifiante, et cette couche agit alors comme couche d'arrêt de gravure pour l'opération de gravure concernant la couche 3L.

Dans le cas d'une gravure réactive, bien que la surface

de la couche 3H soit atteinte, la gravure se poursuit à l'aide du gaz réactif de préférence fluoré, jusqu'à ce que la couche 3L soit complètement enlevée de la surface de la couche 3H, en fonction du cache 7. L'opération d'usinage peut
5 alors être terminée si on n'a pas l'intention de graver également la couche 3H, ou bien on change le gaz réactif et on utilise un autre gaz, de préférence chloré comme l'indique schématiquement G (Cl). Il est également possible de modifier les paramètres du procédé.

10 La figure 6 représente schématiquement une installation de traitement sous vide conforme à l'invention, destinée à exécuter la gravure prévue dans le cadre du procédé de l'invention. Comme il a été indiqué, la structuration prévue dans le cadre du procédé de l'invention peut être réalisée en
15 principe à l'aide de différents procédés de gravure réactive. Mais d'une manière préférée, on utilise la gravure ionique réactive à l'aide d'une décharge lumineuse. A cet effet, l'installation de la figure 6 comporte, dans un récipient sous vide 20, une électrode formant porte-pièce 24 refroidie par eau par l'intermédiaire d'un système de conduites 22.
20 L'électrode formant porte-pièce 24 montée pour une pièce 25 est isolée électriquement par rapport à la paroi du récipient 20, comme il est représenté en 26. De façon centrée sous l'électrode formant porte-pièce 24 est prévue une tubulure d'aspiration 30 qui est reliée à une pompe turbomoléculaire
25 28, et dont la section de pompage peut être réglée à l'aide d'un diaphragme à iris 32, et par l'intermédiaire d'une unité de réglage 34 prévue à cet effet.

En face de l'électrode formant porte-pièce 24 est prévue
30 une contre-électrode 37 qui est de préférence refroidie par eau par l'intermédiaire d'un système de conduites 36. Sur la surface de cette contre-électrode 37 opposée à la pièce 25 sont prévus, répartis régulièrement, des orifices d'évacuation de gaz 40 qui communiquent avec un système
35 distributeur de gaz 38 et avec une conduite d'amenée de gaz 42. Cette dernière est reliée, par l'intermédiaire d'organes régulateurs de débit 44, à un ou plusieurs réservoirs de gaz

46. Les organes de réglage 44 permettent un réglage ou une régulation du débit correspondant ou de la composition de gaz réactif. Pour des raisons de propreté, il est tout à fait possible de prévoir une installation à configuration verticale, ou de placer l'électrode formant porte-pièce en haut.

Comme il a été mentionné, la ou les couches à haut pouvoir réfracteur de l'empilement de couches des figures 1 à 3 sont de préférence gravées à l'aide d'un gaz chloré servant de gaz réactif. Les réservoirs 46, par exemple le réservoir 46a, contiennent un gaz chloré, de préférence CHClF_2 , éventuellement additionné de He ou CHF_3 ou H_2 . Ce réservoir 46a peut contenir une combinaison de gaz Cl_2 , H_2 , F_2 ou CF_4 , laquelle combinaison gazeuse peut aussi être amenée, mélangée à la sortie de plusieurs réservoirs de gaz, vers la chambre de traitement. Les couches à faible pouvoir réfracteur, notamment composées de SiO_2 , prévues au niveau de l'empilement de couches des figures 1 à 3 peuvent aussi être gravées à l'aide d'un gaz réactif qui ne contient pratiquement pas de chlore, mais qui est par exemple et de préférence fluoré.

Un second réservoir de gaz 46b, selon la figure 6, fournit ainsi de préférence le gaz cité en dernier, non pas chloré mais fluoré. Ainsi, comme il sera encore expliqué, et selon la figure 5, une couche de matériau à faible pouvoir réfracteur peut être gravée à l'aide du gaz fluoré provenant du réservoir 46b, puis, une fois que cette couche est enlevée jusqu'à la couche voisine inférieure à haut pouvoir réfracteur, cette dernière est alors gravée grâce à l'amenée d'un autre gaz, de préférence chloré, dans l'espace de traitement P.

Dans l'exemple représenté, l'électrode formant porte-pièce 24 est alimentée à l'aide d'un générateur H.F. 48, par l'intermédiaire d'un réseau de découplage 50, par rapport à la masse, moyennant quoi le récipient 20 est également commuté, par exemple. Pour la polarisation de l'électrode formant porte-pièce, il est possible d'amener en outre vers

le signal H.F. une valeur de courant continu réglable, grâce à une source de tension continue par l'intermédiaire d'un réseau de découplages, là aussi.

5 Il est bien évident que le câblage électrique peut aussi se faire d'une manière différente ; ainsi, le signal alternatif est monté entre l'électrode formant porte-pièce 24 et l'électrode 37, et le récipient 20 est flottant, indépendamment des potentiels d'électrodes, ou mis à un potentiel de référence. Indépendamment de cela, l'électrode
10 formant porte-pièce peut aussi être polarisée en courant continu.

Comme il a été expliqué, il est essentiel, avec le procédé de gravure réactif mis en oeuvre selon l'invention, de détecter le moment où l'enlèvement de l'empilement de
15 couches appliqué sur le substrat 1 selon les figures 1 à 3 a atteint une proportion prédéterminée. A cet effet, comme le montre schématiquement la figure 6, il est prévu une unité de détecteur 56 qui détecte d'une manière qui sera décrite plus loin le moment où une profondeur d'enlèvement prédéfinie est
20 atteinte, et qui intervient par l'intermédiaire d'une unité d'évaluation 58 pour commander l'opération de gravure, et ce, de la manière représentée sur le générateur Hf48 et/ou sur les organes régulateurs de débit 44 prévus pour le ou les gaz réactifs.

25 Il est ainsi possible, notamment, après la gravure des couches à faible pouvoir réfracteur à l'aide d'un gaz, de préférence un gaz non chloré mais de préférence fluoré provenant du réservoir 46b, de changer de gaz réactif, en amenant de préférence au moins une proportion de chlore ou du
30 gaz chloré mentionné, et de procéder à la gravure de la couche à haut pouvoir réfracteur composé de MeO_x , comme le montre la figure 5. D'une manière générale, les résultats actuels laissent supposer que la possibilité de sélection mentionnée est probablement obtenue grâce au choix approprié
35 de la teneur Cl_2/F , et éventuellement d'autres proportions de gaz.

S'il est prévu, comme il a été décrit pour les figures

1 à 3, des couches d'arrêt de gravure 11 dans l'empilement de couches soumis à une gravure ionique réactive selon l'invention, l'unité de détecteur 56 détecte par exemple une variation du rayonnement de traitement. On a constaté à ce propos que lorsqu'on utilisait comme matériau de substrat un verre contenant des ions alcalino-terreux, on obtenait une lumière présentant une part spectrale significative, à savoir une lumière orangée, une fois que le procédé de gravure atteignait le substrat, de telle sorte que dans le cas de l'utilisation d'un tel substrat, ce dernier peut en même temps être utilisé comme couche d'arrêt de gravure pour laquelle on peut facilement détecter le moment où elle est atteinte.

D'une manière générale, il est possible de prévoir, au niveau de la structure de couches, d'autres surfaces de couches qui sont dotées d'ions alcalino-terreux, afin de détecter de la manière connue, à l'aide du spectre lumineux de la décharge lumineuse variant de façon significative lorsque cette surface est atteinte par le procédé de gravure, le moment où cette surface est atteinte. Le doping de la surface mentionnée à l'aide d'ions alcalino-terreux dépend bien évidemment du fait qu'un tel doping peut être toléré ou non pour l'utilisation ultérieure du composant fabriqué selon l'invention. Ainsi, le doping à l'aide d'ions alcalino-terreux du substrat tel que le verre de substrat ou d'une couche d'empilement, notamment une couche de SiO_2 à faible pouvoir réfracteur, peut rendre le composant optique terminé impropre pour les ultraviolets. Mais étant donné que les composants optiques comportant la couche MeO_x usinée selon l'invention ne conviennent pas uniquement pour l'utilisation d'ultraviolets, comme il a été indiqué, mais qu'ils peuvent aussi être utilisés d'une manière avantageuse dans la zone lumineuse visible, ce doping n'offre aucun inconvénient, dans de nombreux cas.

Il faut rappeler que les matériaux MeO_x mentionnés, et en particulier HfO_2 , sont chimiquement exceptionnellement stables, et qu'ils présentent, lorsqu'ils sont fabriqués par

exemple par placage ionique, une part de lumière diffuse extrêmement faible, de sorte que l'utilisation de ces couches s'impose souvent même pour des composants optiques qui doivent être utilisés dans la zone lumineuse visible.

5 Dans le cas de l'utilisation d'un matériau de substrat en verre comportant des ions alcalino-terreux, par exemple des ions de sodium, il s'est également avéré que les taux de gravure de ce substrat étaient sensiblement inférieurs à ceux des couches diélectriques MeO_x utilisées selon l'invention,
10 ou des couches à faible pouvoir réfracteur utilisées de préférence, telles que SiO_2 , de sorte que l'utilisation d'un tel matériau de substrat garantit en outre que la surface de substrat ne soit que peu gravée avant l'interruption du processus de gravure en cas de détection de la part de
15 spectre lumineux de la décharge lumineuse déterminante.

Pour contrôler la couche restante ou l'épaisseur de l'empilement de couches lors du processus de gravure, on peut aussi utiliser d'autres procédés connus, comme par exemple des mesures de réflexion connues d'un rayon laser qui est par
20 exemple guidé par l'électrode 37 sur le composant gravé, et dont la réflexion est évaluée.

On peut également utiliser, pour la commande du processus, des méthodes telles que la spectroscopie d'émission de plasma ou la spectroscopie de masse des gaz
25 évacués par pompe.

Un procédé préféré pour la commande de processus est représenté schématiquement, à partir de la représentation de la figure 6, sur les figures 7a et 7b. Ce procédé et une installation de traitement sous vide construite en
30 conséquence sont considérés comme inventifs en soi, indépendamment du complexe de la gravure structurée des couches diélectriques. Le rayon 60 d'une source lumineuse, de préférence une source lumineuse laser 62, traverse l'électrode formant porte-pièce 24 (figure 6), et il est
35 dirigé vers le composant translucide 64 dans la zone spectrale du rayon lumineux 60, la surface dudit composant 64 étant soumise au processus d'enlèvement ou, d'une manière

générale, usinée, et donc par exemple plaquée. Le rayon 66 réfléchi par le composant 64 , ou les rayons 66 réfléchis par les différentes couches sont transmis à une unité d'évaluation 68, par exemple par l'intermédiaire de conducteurs de lumière. Des variations de la réflexion du rayon au niveau du composant 64 sont évaluées pour indiquer les couches qui ont jusqu'ici été soumises au processus de gravure, ou les épaisseurs de couches qui ont été appliquées, par exemple à l'aide d'un procédé CVD à plasma.

Comme le montre la figure 7b, cette technique peut aussi être appliquée de telle sorte que le rayon soit orienté perpendiculairement par rapport au composant 64, à l'aide d'un élément formant miroir 70, et que le rayon réfléchi 66 soit transmis, par ce miroir semi-perméable 70 à l'unité d'évaluation 68 qui agit sur les organes de réglage de gaz réactif et/ou sur le générateur H.F.48 selon la figure 6, dans le cadre du procédé de gravure conforme à l'invention. IL faut souligner à ce propos que suivant le processus de gravure, lorsqu'on atteint une profondeur de gravure prédéfinie et qu'on arrive à un autre matériau de couche, cela ne peut être exploité, après détection au niveau de l'unité 68, que pour un changement du mélange de gaz réactif, comme il a été indiqué, et qu'on a apparemment de plus en plus tendance à alterner les gaz chloré et fluoré, ou à alterner d'autres gaz.

Des exemples du procédé et des composants conformes à l'invention vont maintenant être présentés.

Dans ces exemples :

- L désigne une couche de matériau à faible pouvoir réfracteur,
- H désigne une couche à haut pouvoir réfracteur,
- épaisseur optique = (indice de réfraction) * (épaisseur physique x),
- x désigne l'épaisseur physique.

Le diamètre de l'électrode formant porte-pièce 24 selon la figure 5 est de 25 cm, et l'écartement d entre l'électrode formant porte-pièce et la contre-électrode 37 doit être

indiqué parmi les paramètres de gravure.

EXEMPLE 1

5

Miroir d'empilement $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ centré pour 308 nm :

	<u>Succession</u>	<u>Matériau</u>	<u>Epaisseur physique x</u>
	Substrat		
10	L_1	SiO_2	106 nm
	H_1	Ta_2O_5	30 nm
	L_2	SiO_2	91 nm
	H_2	Ta_2O_5	30 nm

15	L	SiO_2	53 nm
	H	Ta_2O_5	33 nm

	L_3	SiO_2	106 nm

} 4x

20

Structure : $L_1 H_1 L_2 H_2 (LH)^4 L_3$

Epaisseur totale, physique : 707 nm

Paramètres de gravure :

	Gaz réactif	CHClF_2 , He
25	Ecoulement gazeux	CHClF_2 : 50 sccm
		He : 50 sccm
	Pression gazeuse	$p = 1,8 \times 10^{-3}$ mbar
	Puissance rf	300 W
	Fréquence	13.56 MHz
30	Ecartement électrodes	$d = 5$ cm
	Temps de gravure	
	jusqu'au substrat	$\tau = 657$ sec
	Taux de gravure moyen	1,08 nm/sec
	Polarisation en c.c.	0V
35	Remarque	Comprend la gravure du cache Cr

EXEMPLE 2

5 Miroir d'empilement $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ centré pour 248 nm :

	<u>Succession</u>	<u>Matériau</u>	<u>Epaisseur physique x</u>
	Substrat		
	L_1	SiO_2	83 nm
10	H_1	HfO_2	29 nm

	L	SiO_2	42 nm
	H	HfO_2	29 nm

15	Air		

} 7x

Structure : $L_1 H_1 (LH)^7$

Epaisseur totale, physique : 609 nm

20 Paramètres de gravure :

Gaz réactif	CHClF_2
Ecoulement gazeux	50 sccm
Pression gazeuse	$p = 7 \times 10^{-3}$ mbar
Puissance rf	300 W (13,56 MHz)
25 Ecartement électrodes	$d = 5$ cm
Temps de gravure	$\tau = 1098$ sec
Taux de gravure	0,555 nm/sec
Polarisation en c.c.	0V

avec un cache de laque photosensible de $1\mu\text{m}$ AZ 1350

30

EXEMPLE 3

5 Couche individuelle Ta_2O_5

Paramètres de gravure :

	Gaz réactif	$CHClF_2$
	Ecoulement gazeux	50 sccm
	Pression gazeuse	$p = 1,2 \times 10^{-2}$ mbar
10	Puissance rf	500 W (13,56 MHz)
	?	0V
	Ecartement électrodes	$d = 5$ cm
	Taux de gravure	0,95 nm/sec

15

EXEMPLE 4

20 Couche individuelle HfO_2

Paramètres de gravure :

	Gaz réactif	$CHClF_2$
	Ecoulement gazeux	50 sccm
25	Pression gazeuse	$1,1 \times 10^{-2}$ mbar
	Puissance rf	300 W (13,56 MHz)
	Polarisation en c.c.	0V
	Ecartement électrodes	$d = 5$ cm
	Taux de gravure	0,39 nm/sec

30

EXEMPLE 5

5 Couche individuelle Y_2O_3 (comme couche d'arrêt de gravure !)

Paramètres de gravure :

	Gaz réactif	$CHClF_2$, He
	Ecoulements gazeux	$CHClF_2$: 50 sccm
10		He : 69 sccm
	Pression	$1,2 \times 10^{-2}$ mbar
	Puissance rf	300 W (13,56 MHz)
	Polarisation en c.c.	-80V
	Ecartement électrodes	d = 5 cm
15	Taux de gravure	0,06 nm/sec

20

EXEMPLE 6

Couche individuelle à faible pouvoir réfracteur dans l'empilement : Al_2O_3

25 Paramètres de gravure :

	Gaz réactif	$CHClF_2$, He
	Ecoulements gazeux	$CHClF_2$: 50 sccm
		He : 69 sccm
	Pression	$1,2 \times 10^{-2}$ mbar
30	Puissance rf	500 W (13,56 MHz)
	Polarisation en c.c.	-97V
	Ecartement électrodes	d = 5 cm
	Taux de gravure	0,41 nm/sec

Il faut souligner qu'au lieu de la gravure ionique réactive préférée, à l'aide d'une décharge lumineuse, d'autres procédés de gravure réactifs sont également appropriés, comme par exemple "chemically assisted ion beam etching" (gravure par faisceau d'ions assistée chimiquement). Dans ce cas, des ions d'argon sont projetés à partir d'une source d'ions Kaufman, sur le composant devant être soumis à une gravure structurée, qui, d'une manière préférée, est aspergé simultanément de CHClF_2 .

De plus, comme il a déjà été indiqué, sur un même dispositif selon la figure 6, les couches L, composées notamment de SiO_2 , peuvent être gravées à l'aide d'un autre gaz, par exemple SF_6 , c'est-à-dire un gaz sans chlore, les couches H agissant alors comme couches d'arrêt de gravure.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la fabrication d'un composant, notamment d'un composant optique formé d'un substrat (1) et
5 d'une structure de couches (3) comprenant au moins une couche diélectrique à épaisseur étagée au moins au niveau d'une première zone par rapport à une ou plusieurs secondes zones, caractérisé
- en ce que la couche diélectrique du type MeO_x est
10 posée sur une base, Me étant un métal dont la masse est d'au moins 44, et x étant choisi pour que le coefficient d'absorption k_λ du matériau de couche soit, en présence d'une lumière d'une longueur d'onde $\lambda = 308 \text{ nm}$,
- $$k_{308} \leq 0,01$$
- 15 - et en ce que la couche est décomposée, par gravure réactive à l'aide d'un gaz activé, pour former l'étagement d'épaisseur.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que $k_{308} \leq 0,003$.
- 20 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on a :
Me = Ta et
x = 2,5,
et en ce que la couche est ainsi composée de Ta_2O_5 .
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on a :
Me = Hf et
x = 2,
et en ce que la couche est ainsi composée de HfO_2 .
- 30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'une au moins des couches est appliquée sur le substrat sous la forme d'une partie d'un empilement de couches, et l'empilement est soumis à un enlèvement de matière de façon étagée pour former un ou
35 plusieurs étagements d'épaisseur.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on utilise comme gaz à activer un gaz contenant CHClF_2 .

5 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le gaz à activer contient également He et/ou CHF_3 et/ou H_2 .

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le gaz à activer est une combinaison de Cl_2 et de l'un au moins des gaz suivants : H_2 , F_2 , CF_4 et SF_6 .

15 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la couche, avant sa décomposition, est au moins partiellement couverte par une couche de matériau à faible pouvoir réfracteur, notamment de SiO_2 , et cette dernière couche est soumise à une gravure réactive à l'aide d'un gaz, de préférence ne contenant pratiquement pas de chlore, et de préférence à l'aide d'un gaz fluoré qui n'attaque pas la couche de MeO_x .

20 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que d'autres couches sont prévues et celles-ci sont soumises à une gravure à l'aide d'un gaz de préférence sans Cl_2 , de sorte que l'une au moins des couches de MeO_x agit pour cette opération de gravure comme une couche d'arrêt de gravure.

25 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'un au moins des gaz à activer est réparti de façon homogène par injection sur la zone de surface à graver, de préférence sensiblement perpendiculairement à celle-ci, et la densité du gaz réactif
30 à cet endroit est sensiblement homogène.

35 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'activation de l'un au moins des gaz se fait à l'aide de particules chargées telles que des électrons, mais en particulier à l'aide d'ions.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'opération de

gravure se fait à l'aide de photons, notamment à l'aide d'un laser.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'activation de l'un au moins des gaz se fait dans une décharge lumineuse qui est maintenue de préférence entre une électrode formant support de composant et une contre-électrode, le gaz à activer étant de préférence projeté vers le composant à traiter sensiblement dans le sens de la décharge.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'un orifice d'admission de gaz prévu pour l'un au moins des gaz à activer est refroidi, de préférence refroidi par eau.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'il est prévu au moins une couche à plus faible pouvoir réfracteur, composée de préférence de SiO_2 , qui est dopée de telle sorte que l'on détecte le moment où cette couche est atteinte par la gravure, de préférence grâce à la détection d'une variation du rayonnement lumineux émis.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que le doping se fait à l'aide d'ions alcalino-terreux.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que l'on utilise comme substrat un verre contenant des ions alcalino-terreux, et en ce que l'on détecte de préférence une variation du rayonnement lumineux émis, lorsque la gravure réactive par décharge lumineuse atteint la surface du verre.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'au moins un rayon lumineux présentant une plage spectrale dans laquelle le composant est translucide, est dirigé, par le côté du composant non soumis à l'enlèvement, vers celui-ci, et en ce que l'on déduit à partir de variations de la réflexion du rayon, l'épaisseur de revêtement du substrat restante.

20. Composant optique composé d'un substrat (1) et d'au moins une couche diélectrique (3) présentant au moins deux zones à épaisseur étagée, caractérisé en ce que la couche (3) se compose d'un matériau du type MeO_x et

- 5 - Me est un métal dont la masse est d'au moins 44, et
 - x est choisi pour que le matériau de couche présente, pour une lumière d'une longueur d'onde $\lambda = 308 \text{ nm}$, un coefficient d'absorption k_λ

$$k_{308} \leq 0,01$$

- 10 et l'étagement d'épaisseur est formé grâce à un procédé de gravure ionique réactive.

21. Composant optique selon la revendication 20, caractérisé en ce que $k_{308} \leq 0,003$.

- 15 22. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 ou 21, fabriqué suivant le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19.

23. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 22, caractérisé en ce que l'on a, pour l'une au moins des couches :

- 20 - Me = Ta,
 - x = 2,5.

24. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 23, caractérisé en ce que l'on a, pour l'une au moins des couches :

- 25 - Me = Hf,
 - x = 2.

25. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 24, caractérisé en ce que l'épaisseur de couche prévue au niveau du composant ne disparaît pas dans
30 l'une au moins des zones d'épaisseur réduite.

26. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 25, caractérisé en ce que l'une au moins des couches fait partie d'un empilement de couches (3) appliqué sur le substrat (1), étant précisé qu'il est prévu,
35 en plus de la couche mentionnée, au moins une couche de matériau à plus faible pouvoir réfracteur ($3L$), de préférence sensiblement composée de SiO_2 ou Al_2O_3 .

27. Système de représentation optique comportant une source laser ultraviolet, notamment une source laser exzimer dont le rayon traverse un cache en vue de la modulation du rayon laser, caractérisé en ce que le cache consiste en un
5 composant optique (17) construit selon l'une quelconque des revendications 20 à 26.

28. Système de représentation optique selon la revendication 27, caractérisé en ce que la source laser émet une densité d'énergie de rayon supérieure à 100 mJ/cm^2 , de
10 préférence supérieure à 200 mJ/cm^2 , voire supérieure à 300 mJ/cm^2 .

29. Installation de traitement sous vide pour la fabrication d'un composant selon l'une quelconque des revendications 20 à 26, au moins pour l'exécution de
15 l'opération de gravure pour le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisée en ce qu'elle comprend un récipient sous vide (20) contenant une électrode formant support de substrat (24), une contre-électrode (37) et un générateur de tension alternative (48) au niveau de
20 celles-ci, la contre-électrode (37) comprenant un agencement d'orifices d'évacuation de gaz (40) répartis pour un gaz réactif et dirigés sensiblement vers l'électrode formant porte-pièce (24).

30. Installation de traitement sous vide selon la revendication 29, caractérisée en ce que les orifices (40) prévus au niveau de la contre-électrode (37) sont répartis
25 régulièrement de façon plane.

31. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 ou 30, caractérisée en ce
30 que la contre-électrode (37) est refroidie, de préférence refroidie par eau.

32. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, caractérisée en ce
35 qu'il est prévu au moins un dispositif pour faire passer un rayon lumineux (60) à travers l'électrode formant porte-pièce (24), suivant un certain angle, y compris à angle droit, qui débouche au niveau de la surface de support, prévue pour une

pièce (25), de ladite électrode, et en ce qu'il est prévu, débouchant au niveau de la surface de support de l'électrode de support, un second dispositif pour faire passer un rayon lumineux, étant précisé que l'un de ces dispositifs est relié
5 à une source lumineuse (62) tandis que l'autre est relié à une unité d'évaluation (68) destinée à évaluer le rayon lumineux reçu par le dernier dispositif.

33. Installation de traitement sous vide selon la revendication 32, caractérisée en ce que l'un au moins des
10 dispositifs est défini par des conducteurs de lumière.

34. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 32 à 33, caractérisée en ce que les deux dispositifs sont définis par un même canal conducteur de lumière qui traverse la surface formant porte-
15 pièce de l'électrode (24) sensiblement perpendiculairement à celle-ci.

35. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 à 34, caractérisée en ce que l'agencement d'orifices d'évacuation (40) répartis est relié
20 à un réservoir de CHClF_2 (46) de préférence par l'intermédiaire d'organes régulateurs de débit (44), et éventuellement, en plus, à un réservoir de He et/ou CHF_3 et/ou H_2 .

36. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 à 35, caractérisée en ce que
25 l'agencement d'orifices d'évacuation répartis est relié d'une part à un réservoir de gaz contenant du Cl_2 et d'autre part à un réservoir d'un autre gaz, et la liaison avec ces réservoirs est réglable.

37. Installation de traitement sous vide selon la revendication 36, caractérisée en ce qu'il est prévu un dispositif de détecteur (56) qui émet différents signaux pour
30 les différentes surfaces exposées à l'opération de gravure, et en ce qu'une unité d'évaluation prévue pour les signaux commande l'ouverture des réservoirs.

38. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 32 à 37, caractérisée en ce que

la sortie de l'unité d'évaluation commande la composition du gaz amené vers les orifices d'évacuation de gaz (40).

39. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 à 38, caractérisée en ce que la sortie de l'unité d'évaluation agit sur le générateur de tension alternative (48) et/ou sur des organes régulateurs (44) pour l'alimentation en gaz des orifices d'évacuation (40).

40. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, mis en oeuvre pour suivre l'enlèvement ou l'application de matériau au niveau d'un composant translucide au moins dans une plage spectrale donnée, pendant l'opération d'enlèvement ou d'application, caractérisé en ce qu'il consiste, à partir du côté du composant non traité, à amener sur et à travers le composant au moins un rayon lumineux (60) dans la plage spectrale indiquée, et à déduire, à partir de variations d'un rayon lumineux réfléchi (66) l'épaisseur du moment du composant

41. Installation de traitement sous vide selon l'une quelconque des revendications 29 à 39, pour l'application ou l'enlèvement de matériau au niveau de la surface d'au moins une pièce translucide dans une plage spectrale prédéfinie, comportant un porte-pièce (24) sur lequel est posée la pièce (25), avec une surface qui n'est pas à traiter, caractérisée en ce qu'au moins un dispositif de canal de lumière passe à travers le support et débouche au niveau de la surface de celui-ci, et est relié à une source lumineuse, de préférence une source laser (62), et en ce qu'il est prévu, au niveau du support de composant, un second dispositif pour faire passer un rayon lumineux, qui est relié à une unité d'évaluation pour l'évaluation du rayon lumineux reçu par ce dispositif, étant précisé que les deux dispositifs conducteurs de lumière sont définis par un même canal conducteur de lumière qui traverse le support sensiblement perpendiculairement à la surface de celui-ci.

42. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, mis en oeuvre pour constater qu'une

surface prédéfinie est atteinte par la gravure réactive d'au moins une couche supérieure, caractérisé en ce qu'il consiste à doper la surface à l'aide d'ions alcalino-terreux et à observer, lorsque ladite surface est atteinte par la gravure, l'apparition dans l'espace de traitement, de lumière d'une plage spectrale donnée.

43. Procédé selon la revendication 42, caractérisée en ce que la surface est définie par un substrat en verre contenant des ions alcalino-terreux.

44. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, mis en oeuvre pour commander une opération de gravure réactive d'un empilement de couches (3) formé d'au moins une couche à haut pouvoir réfracteur (3H) et, au-dessus de celle-ci, d'une couche à faible pouvoir réfracteur (3L), la première étant de préférence une couche de MeO du type spécifié dans la revendication 1 et la seconde une couche de SiO₂, caractérisé en ce qu'il consiste à graver cette dernière couche à l'aide d'un gaz, de préférence sans Cl₂, à détecter le moment où la surface de la première couche est atteinte puis à utiliser éventuellement un autre gaz, de préférence contenant du Cl₂.

45. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 26, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une couche qui est dopée à l'aide d'ions alcalino-terreux.

46. Composant optique selon la revendication 45, caractérisé en ce que la couche est définie par un substrat en verre contenant des ions alcalino-terreux.

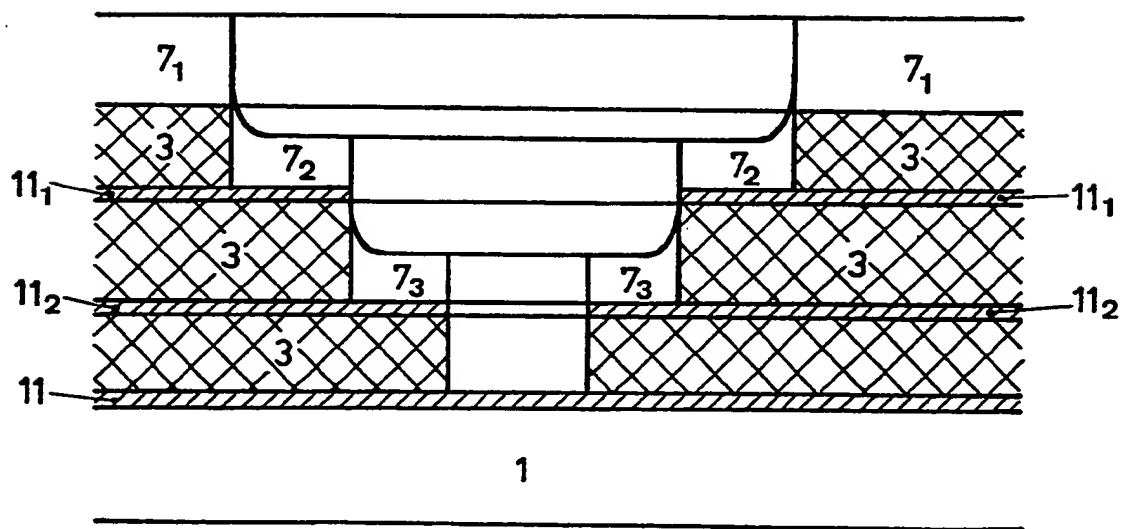
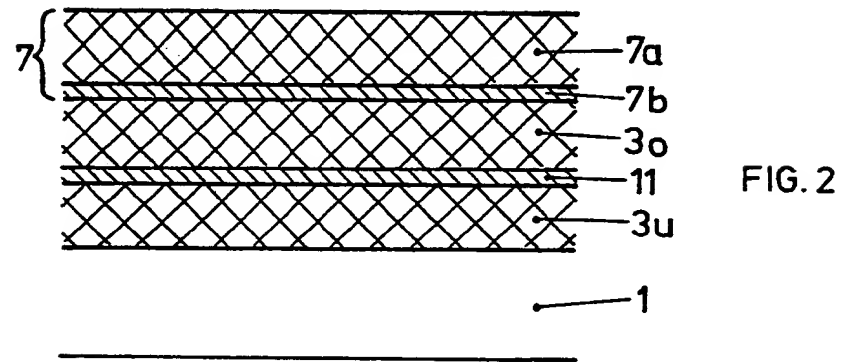
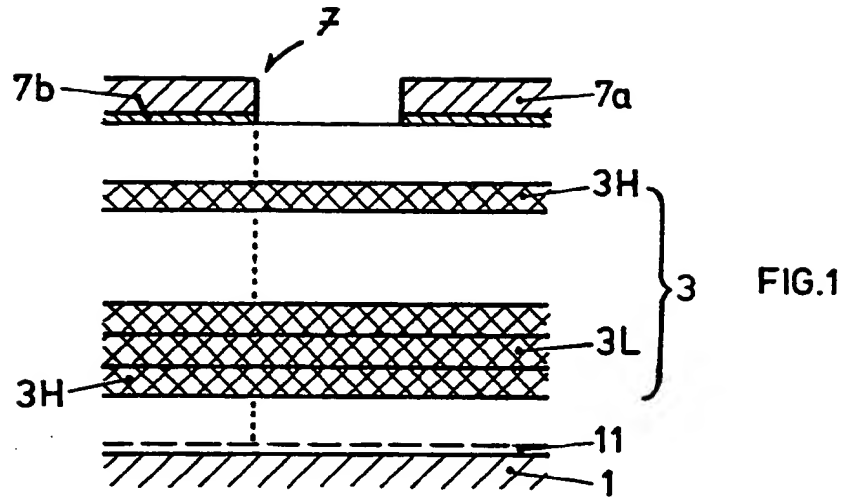
47. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2, 5 à 19, caractérisé en ce que
Me = Y et
x = 1,5
et la couche est ainsi composée de Y₂O₃.

48. Composant optique selon l'une quelconque des revendications 20 à 22, 25, caractérisé en ce que l'on a, pour au moins une couche :
Me = Y

$x = 1,5$

49. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19 et 47, caractérisé en ce que l'on utilise, pour la gravure de la couche de MeO_x , un gaz fluoré, de préférence CHF_3 .

5



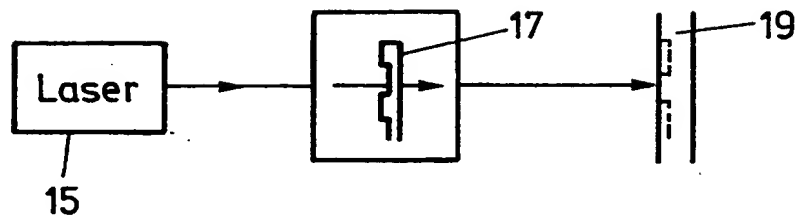


FIG. 4

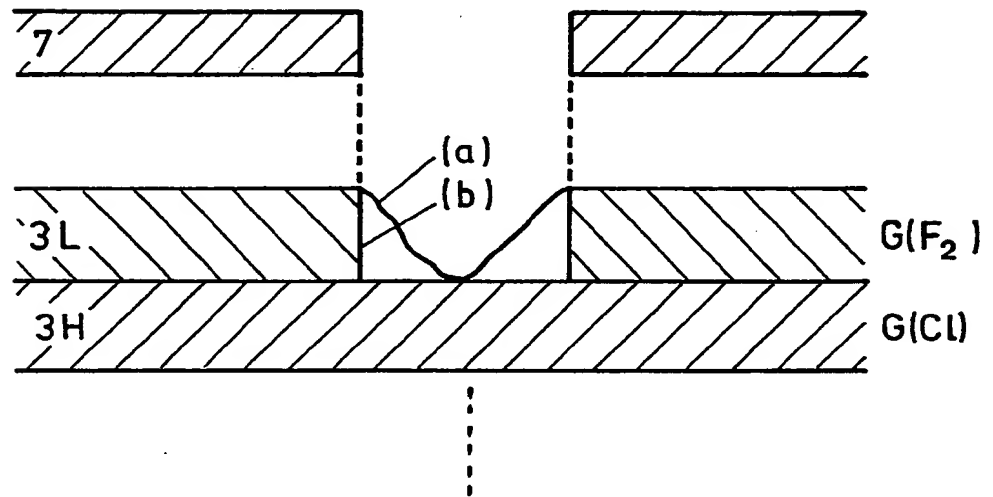


FIG. 5

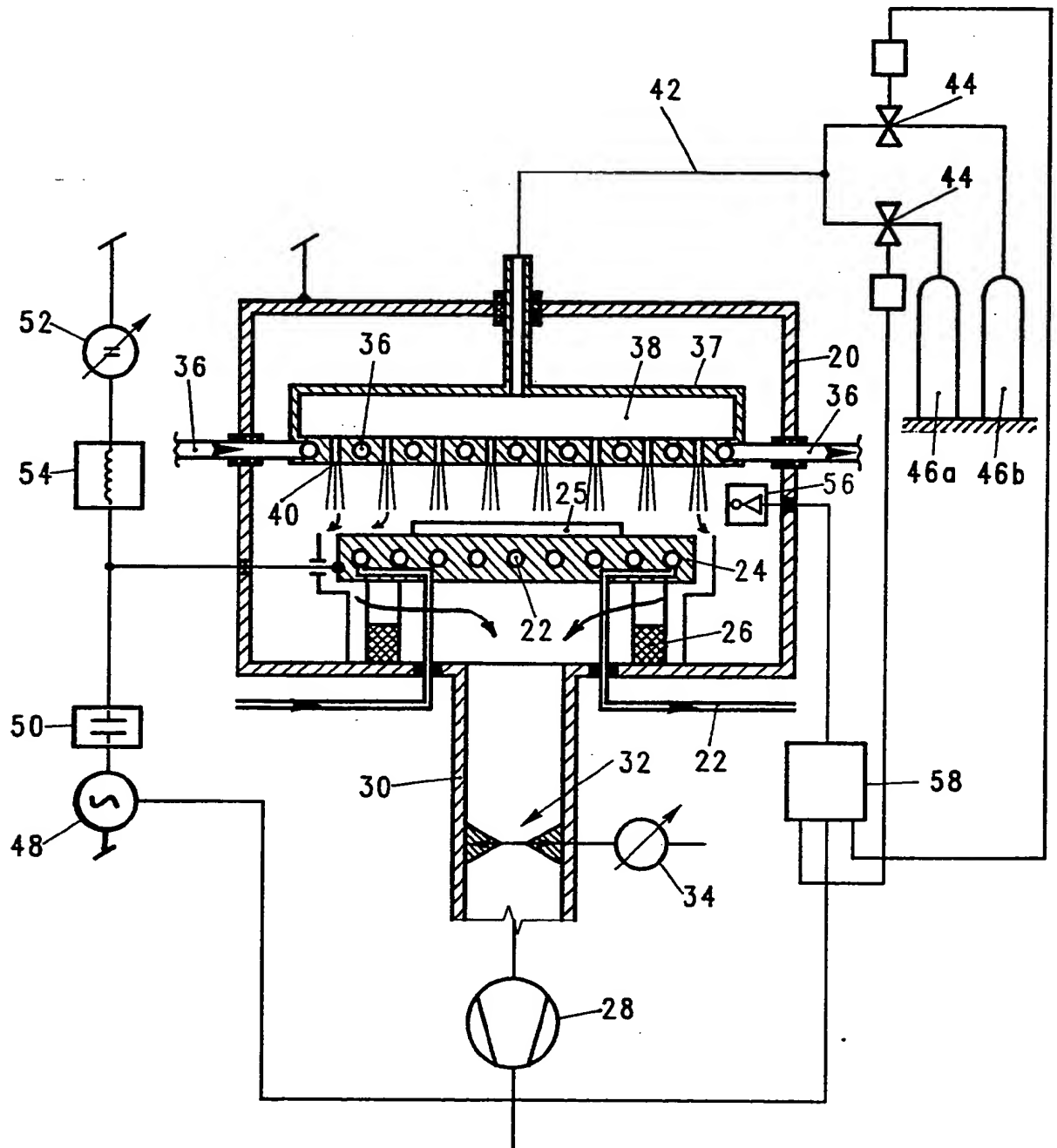


FIG.6

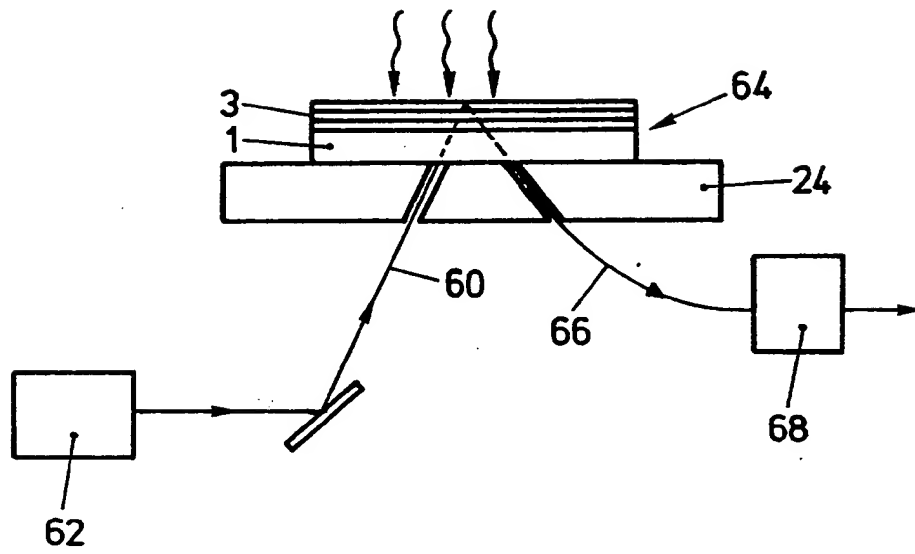


FIG. 7a

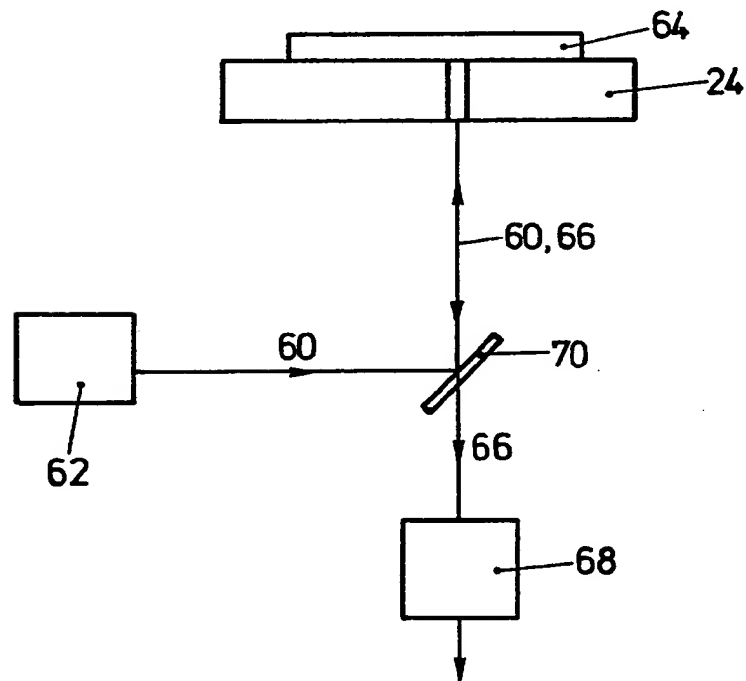


FIG. 7b

